

## DEVICE FOR MEASURING THE CONSUMPTION OF ELECTRICAL ENERGY

**Publication number:** DE10162259

**Publication date:** 2003-07-17

**Inventor:** SCHMALZL ERWIN (AT); FRITZ GERHARD (AT)

**Applicant:** AUSTRIAMICROSYSTEMS AG SCHLOSS (AT)

**Classification:**

- international: G01R22/00; G01R35/04; G01R11/24; G01R21/133;  
G01R22/00; G01R35/00; G01R11/00; G01R21/00;  
(IPC1-7): G01R22/00; G01R11/24; G06F12/14

- european: G01R22/00; G01R35/04

**Application number:** DE20011062259 20011218

**Priority number(s):** DE20011062259 20011218

**Also published as:**

- WO03052447 (A1)
- EP1456683 (A1)
- EP1456683 (A0)
- CN1605032 (A)
- AU2002358671 (A1)

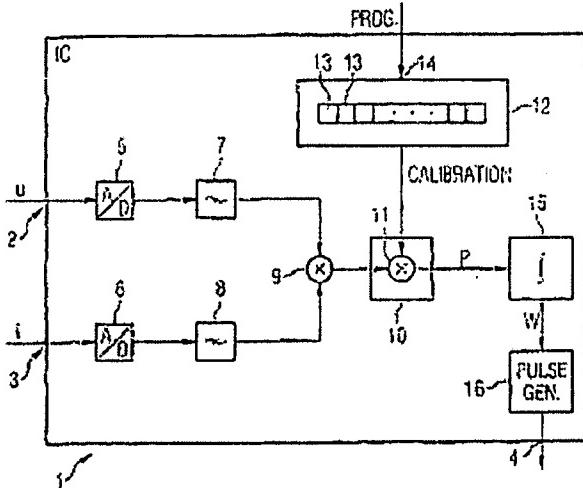
[more >>](#)

[Report a data error here](#)

Abstract not available for DE10162259

Abstract of corresponding document: **WO03052447**

The invention relates to a device for measuring the consumption of electrical energy, which determines a current output signal from voltage and current signals ( $u, i$ ) that can be supplied to inputs (2, 3) of the circuit, said output signal being multiplied by a calibration factor by means of a calibration block (10). The calibration factor is stored in a non-volatile, programmable read-only memory (12), which comprises a plurality of irreversibly programmable memory cells (13). Said cells are configured in such a way that an irreversible reprogramming of any memory cell (12) causes the calibration factor to be increased. This means that any manipulation of the energy meter by a reprogramming of the calibration factor, for example after an authorised calibration, always leads to an undesirable increase in the measured value for the manipulator.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑯ Offenlegungsschrift  
⑯ DE 101 62 259 A 1

⑯ Int. Cl. 7:  
**G 01 R 22/00**  
G 01 R 11/24  
G 06 F 12/14

⑯ Aktenzeichen: 101 62 259.7  
⑯ Anmeldetag: 18. 12. 2001  
⑯ Offenlegungstag: 17. 7. 2003

⑯ Anmelder:  
austriamicrosystems AG, Schloss Premstätten, AT  
⑯ Vertreter:  
Epping, Hermann & Fischer GbR, 80339 München

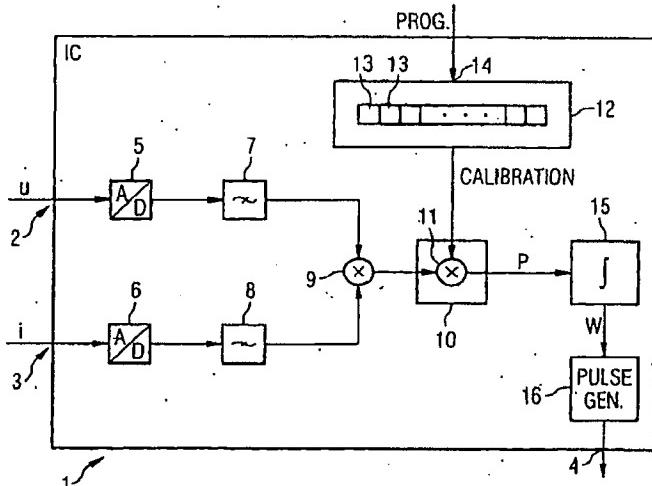
⑯ Erfinder:  
Schmalzl, Erwin, Graz, AT; Fritz, Gerhard, Graz, AT  
⑯ Entgegenhaltungen:

DE	198 42 241 A1
DE	696 01 229 T2
DE	37 85 373 T2
GB	23 12 963 A
GB	23 02 952 A
GB	22 60 415 A
US	54 88 565 A
US	62 32 886 B1
US	48 27 450
EP	05 54 618 A2
EP	04 55 518 B1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen  
Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑯ Einrichtung zur Messung des Verbrauchs elektrischer Energie

⑯ Es ist eine Einrichtung zur Messung des Verbrauchs elektrischer Energie angegeben, welche ausgehend von Spannungs- und Stromsignalen (*u*, *i*), die an Eingängen (2, 3) der Schaltung zuführbar sind, ein aktuelles Leistungssignal ermittelt, das mittels eines Kalibrierblocks (10) mit einem Kalibrierfaktor multipliziert wird. Dieser Kalibrierfaktor wird in einem nicht-flüchtigen, programmierbaren Festwertspeicher (12) abgelegt, der eine Vielzahl von irreversibel programmierbaren Speicherzellen (13) umfaßt. Diese sind so ausgebildet, daß ein irreversibles Umprogrammieren einer beliebigen Speicherzelle (12) eine Erhöhung des Kalibrierfaktors bewirkt. Hierdurch führt eine eventuelle Manipulation des Energiezählers durch Umprogrammieren des Kalibrierfaktors, beispielsweise nach einer amtlichen Eichung, stets zu einer für den Manipulierenden unerwünschten Vergrößerung des Meßwertes.



## Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft Einrichtung zur Messung des Verbrauchs elektrischer Energie.

[0002] Meßeinrichtungen oder Energierzähler für elektrische Energie, welche umgangssprachlich auch als Stromzähler oder Kilowattstunden-Zähler (kWh-Zähler) bezeichnet werden, dienen zur Erfassung von in ein elektrisches Netz eingespeister oder aus einem elektrischen Netz bezogener elektrischer Energie. Hierfür wird die aus dem elektrischen Netz beispielsweise von einem Verbraucher bezogene, elektrische Momentanleistung über die Zeit integriert. Die momentane elektrische Leistung ergibt sich dabei aus dem Produkt des Stroms und der Spannung. Derartige, elektrische Energierzähler dienen den elektrischen Energieversorgungsunternehmen, EVU, als Abrechnungsgrundlage gegenüber ihren Kunden, den Verbrauchern.

[0003] Um die Kosten für den Bezug elektrischer Energie zu reduzieren, besteht seitens der Verbraucher die Versuchung, elektrische Energierzähler so zu manipulieren, daß eine geringere als die tatsächlich bezogene elektrische Energie angezeigt wird. Zum Schutz vor unerwünschten, derartigen manipulatorischen Angriffen bringen die EVU beispielsweise Verplombungen an den Energierzählern an. Diese haben jedoch nur eine begrenzte Schutzwirkung.

[0004] Insbesondere bei modernen, digital arbeitenden und auf Halbleiterbasis hergestellten elektrischen Energierzählern könnte eine Manipulation der Energiezählung durch Umprogrammieren der beteiligten elektronischen Bauelemente versucht werden.

[0005] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Einrichtung zur Messung des Verbrauchs elektrischer Energie anzugeben, welche zum Einen auf einem Chip integrierbar ist und bei der zum Anderen der Schutz vor einer unerwünschten Manipulation mit dem Ziel, die gezählte gegenüber der tatsächlich bezogenen Energiemenge zu verringern, verbessert ist.

[0006] Erfindungsgemäß wird die Aufgabe gelöst durch eine Einrichtung zur Messung des Verbrauchs elektrischer Energie, aufweisend

- einen ersten Eingang zum Zuführen eines Spannungssignals,
- einen zweiten Eingang zum Zuführen eines Stromsignals,
- einen Multiplizierer, der mit erstem und zweitem Eingang gekoppelt ist und in Abhängigkeit von Spannungs- und Stromsignal an seinem Ausgang ein Zwischensignal abgibt,
- einen Kalibrierblock, der mit dem Ausgang des Multiplizierers und mit einem nichtflüchtigen Speicher gekoppelt ist und das Zwischensignal des Multiplizierers mit einem Kalibrierfaktor multipliziert,
- einen Integrator, der mit dem Kalibrierblock gekoppelt ist und an seinem Ausgang einen kalibrierten Energiemeßwert bereitstellt und
- den nichtflüchtigen Speicher, der zum Ablegen des Kalibrierfaktors eine Vielzahl von irreversibel programmierbaren Speicherzellen umfaßt, derart, daß ein Umprogrammieren einer beliebigen Speicherzelle eine Erhöhung des Kalibrierfaktors bewirkt.

[0007] Die Meßeinrichtung ist im folgenden auch als Zählerschaltung bezeichnet.

[0008] Gemäß dem vorgestellten Prinzip werden elektrische Spannung und elektrischer Strom bevorzugt als Zeit- und wertkontinuierliche Analogsignale der Zählerschaltung an erstem und zweitem Eingang zugeführt. Mittels des Mul-

tiplizierers wird die momentan bezogene elektrische Leistung durch Multiplikation von Spannung und Strom ermittelt. In dem nachgeschalteten Kalibrierblock wird die ermittelte elektrische Leistung mit einem Kalibrierfaktor multipliziert und schließlich wird aus dem derart gewonnenen, kalibrierten Momentanleistungswert ein Energiemeßwert durch Integration über die Zeit oder durch Akkumulieren einer endlichen Zahl von Leistungsmeßwerten gebildet.

[0009] Die Kalibrierung eines elektrischen Energierzählers ist vorteilhaft, da auf Grund von fertigungsbedingten Parameterschwankungen, welche Bauelementwerttoleranzen zur Folge haben, sowie auf Grund von alterungsbedingten Drifteffekten und anderen Ursachen für Normabweichungen Meßfehler auftreten könnten, welche unerwünscht wären.

[0010] Gemäß dem vorliegenden Prinzip ist der nichtflüchtige Speicher, der zum Ablegen des Kalibrierfaktors vorgesehen ist, so ausgeführt, daß ein nachträgliches Umprogrammieren einer beliebigen Speicherzelle, die vom nichtflüchtigen Speicher umfaßt ist, eine Erhöhung des Kalibrierfaktors bewirkt. Die einzelnen programmierbaren Speicherzellen sind dabei irreversibel programmierbar. Derartige, irreversibel programmierbare Speicherzellen sind beispielsweise als Schmelzsicherungen, sogenannte Fuses, sowie als programmierbare Dioden bekannt, die man durch Überlastung in Sperrichtung in einen Kurzschluß umwandeln kann, sogenanntes Zenerzapping.

[0011] Neben den genannten Bauelementen können selbstverständlich auch andere programmierbare Zellen eingesetzt werden.

[0012] Abhängig von der Bauart der verwendeten, programmierbaren Speicherzellen wird der im nichtflüchtigen Speicher abzulegende Kalibrierfaktor gemäß dem vorliegenden Prinzip so codiert, daß bei nachträglichem Umprogrammieren der Speicherzellen, unabhängig davon, welche Auswahl von programmierbaren Speicherzellen umprogrammiert wird, stets eine Erhöhung des Kalibrierfaktors bewirkt ist.

[0013] Somit ist sichergestellt, daß es bei einem unerwünschten Angriff auf die Zählerschaltung mit dem Ziel, diese so zu manipulieren, daß der Zählerwert bezüglich der real bezogenen elektrischen Energie geringer ist, stets zu einer Erhöhung der gemessenen Energiemenge bezüglich der real abgegebenen Energiemenge kommt.

[0014] Eine Erhöhung des Kalibrierfaktors durch nachträgliches Umprogrammieren der Speicherzellen führt demnach dazu, daß der elektrische Zähler mehr Kilowattstunden zählt als tatsächlich bezogen, keinesfalls weniger.

[0015] Ein Kalibrierfaktor kann beispielsweise während oder unmittelbar nach der Fertigung oder im Rahmen einer amtlichen Eichung der Zählerschaltung programmiert werden.

[0016] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfaßt der nichtflüchtige Speicher einen Programmireingang zum Programmieren der Speicherzellen. Die Programmierung der Speicherzellen kann beispielsweise mit einem parallelen oder seriellen Programmireingang eines programmierbaren Festwertspeichers durchgeführt werden. Wie bei derartigen Speichern üblich, kann die Adressierung der einzelnen Speicherzellen beispielsweise mittels Zeilen- und Spaltendecodern erfolgen. Dabei sind die programmierbaren Speicherzellen matrixförmig, beispielsweise in einer quadratischen Matrix, angeordnet.

[0017] Gemäß einer weiteren, bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfassen die programmierbaren Speicherzellen je eine Diode, welche durch Beaufschlagen mit einem Energieimpuls irreversibel in einen niedrohmigen Zustand übergeht. Derartige, programmier-

bare Festwertspeicher, die man durch Überlastung in Sperrichtung von einem elektrisch hochohmigen Zustand in einen elektrischen Kurzschluß umwandeln kann, werden auch als Anti-Fuses bezeichnet. Bei Verwendung derartiger, programmierbarer Speicherzellen sind gemäß vorliegendem Prinzip bevorzugt zunächst alle programmierbaren Speicherzellen in einem hochohmigen Zustand. Gemäß dem vorliegenden Prinzip wird der kleinste einstellbare Kalibrierfaktor beispielsweise dadurch codiert, daß sich alle programmierbaren Speicherzellen im hochohmigen Leitzustand befinden und der größte einstellbare Kalibrierfaktor wird dadurch codiert, daß sich alle programmierbaren Speicherzellen in einem niederohmigen Leitzustand befinden. Durch Umprogrammieren in einem irreversiblen Vorgang vom hochohmigen in den niederohmigen Leitzustand kann demnach der Kalibrierfaktor lediglich erhöht, nicht jedoch verringert werden. Dabei ist es gemäß vorliegendem Prinzip unerheblich, ob lediglich eine, eine bestimmte Auswahl oder alle der programmierbaren Speicherzellen umprogrammiert werden.

[0018] In einer alternativen, ebenfalls bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfassen die programmierbaren Speicherzellen je eine Schmelzsicherung, welche durch Beaufschlagen mit einem Energieimpuls irreversibel von einem niederohmigen in einen hochohmigen Leitzustand übergeht. Derartige Schmelzsicherungen werden auch als Fuses bezeichnet, welche üblicherweise durch dünne Metallisierungsbrücken ausgebildet sind. Diese werden durch Beaufschlagen mit einem Energieimpuls, beispielsweise einem Strom- oder Spannungsimpuls, irreversibel von einem sehr niederohmigen in einen praktisch unendlich hochohmigen Leitzustand überführt. Bezüglich der Codierung des Kalibrierfaktors gilt demnach, daß beispielsweise der kleinste einstellbare Kalibrierfaktor codiert wird dadurch, daß sich alle Schmelzsicherungen im niederohmigen Leitzustand befinden und der größte einstellbare Kalibrierfaktor beispielsweise dadurch codiert wird, daß sich alle Schmelzsicherungen oder programmierbaren Speicherzellen in einem hochohmigen Leitzustand befinden. Gemäß vorliegender Erfindung ist bei der Codierung des Kalibrierfaktors demnach darauf zu achten, daß durch irreversibles Überführen einer beliebigen Speicherzelle oder einer beliebigen Auswahl von Speicherzellen vom niederohmigen in den hochohmigen Leitzustand stets eine Vergrößerung des Kalibrierfaktors bewirkt ist.

[0019] Gemäß einer weiteren, bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist am Ausgang des Integrators ein Pülsgenerator angeschlossen, der proportional zum am Ausgang des Integrators bereitgestellten, kalibrierten Energie-Meßwert ein codiertes Ausgangssignal bereitstellt.

[0020] Das codierte Ausgangssignal des Pulsgenerators ist demnach ein Maß für die von der Zählerschaltung gemessene, elektrische Energie, beispielsweise seit einem Zurücksetzen des Energie-Meßwertes im Integrator.

[0021] Gemäß einer weiteren, bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung sind zur Kopplung von erstem und zweitem Eingang mit dem Multiplizierer je ein Analog-/Digital-Wandler vorgesehen.

[0022] Der mit dem ersten Eingang der Zählerschaltung gekoppelte Analog-/Digital-Wandler konvertiert demnach ein analog eingespeistes Spannungssignal in ein digitales Spannungssignal, welches bevorzugt Zeit- und wertdiskret oder zumindest wertdiskret vorliegt.

[0023] Entsprechend konvertiert der mit dem zweiten Eingang der Zählerschaltung gekoppelte Analog-/Digital(A/D)-Wandler das eingangsseitig zuführbare Stromsignal, welches als Analogsignal vorliegt, in ein digitales Signal, welches

zumindest wertdiskret und bevorzugt Zeit- und wertdiskret vorliegt. Abgesehen von einem Quantisierungsfehler, welcher unvermeidlich ist, sind die ausgangsseitig an den A/D-Wandlern ableitbaren, digitalen Strom- und Spannungssignale proportional zu den eingangsseitig zugeführten, analogen Strom- und Spannungssignalen. Die A/D-Wandler ermöglichen eine schnelle, störungsunanfällige und zuverlässig arbeitende digitale Signalverarbeitung der Strom- und Spannungssignale, insbesondere deren Multiplikation zu einem Momentanleistungswert sowie die Multiplikation mit dem Kalibrierfaktor und schließlich das Akkumulieren der ermittelten, kalibrierten Leistungswerte im Integrator.

[0024] Gemäß einer weiteren, bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist zur Kopplung von A/D-Wandlern und dem Multiplizierer je ein Digitalfilter vorgesehen, welches eingangsseitig mit einem Ausgang des jeweiligen Analog-/Digital-Wandlers und ausgangsseitig mit je einem Eingang des Multiplizierers verbunden ist.

[0025] Die Digitalfilter ermöglichen mit Vorteil insbesondere ein Unterdrücken von bei der Quantisierung in den A/D-Wandlern entstehenden, höheren Harmonischen der Signale, die in den nachgeschalteten Multiplizierern zu Verfälschungen des Meßergebnisses führen könnten.

[0026] Gemäß einer weiteren, bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist der nichtflüchtige Speicher ausgelegt zum Ablegen des Kalibrierfaktors in binär codierter Weise.

[0027] Da die Speicherzellen von programmierbaren Festwertspeichern in Abhängigkeit von ihrem Leitzustand üblicherweise lediglich zwei logische Zustände annehmen können, der entweder hochohmig oder niederohmig ist, ist die Binärcodierung besonders geeignet zur Codierung des Kalibrierfaktors mittels Festwertspeichern.

[0028] Gemäß einer weiteren, bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist die Zählerschaltung als integrierte, elektronische Schaltung ausgebildet.

[0029] Gemäß einer weiteren, bevorzugten Weiterbildung der Zählerschaltung ist der nichtflüchtige Speicher so ausgebildet, daß der am nichtflüchtigen Speicher ableitbare Kalibrierwert ausschließlich positive Werte annehmen kann.

[0030] Der Kalibrierwert wird demnach im nichtflüchtigen Speicher vorzeichenlos abgelegt. Die Kalibrierwerte können hierbei Werte aus einem Wertebereich annehmen, beispielsweise zwischen 0,5 und 2, welche dann mit dem gemessenen Momentanleistungswert multipliziert werden.

[0031] Weitere Einzelheiten und vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0032] Die Erfindung wird nachfolgend an einem Ausführungsbeispiel anhand der Zeichnungen näher erläutert.

[0033] Es zeigen:

[0034] Fig. 1 ein vereinfachtes Blockschaltbild einer ersten, beispielhaften Ausführungsform der erfindungsgemäßen Zählerschaltung anhand ausgewählter Schaltungsböcke, und

[0035] Fig. 2 die beispielhafte Codierung des Kalibrierfaktors im nichtflüchtigen Speicher bei einer Zählerschaltung gemäß Fig. 1 anhand ausgewählter Kalibrierwerte.

[0036] Fig. 1 zeigt ein Blockschaltbild einer als integrierten Schaltkreis auf einem Chip 1 aufgebauten Zählerschaltung für elektrische Energie. Diese weist einen ersten Eingang 2 zum Zuführen eines Spannungssignals u, einen zweiten Eingang 3 zum Zuführen eines Stromsignals i sowie einen Ausgang 4 auf, an dem ein kalibrierter Meßwert ablesbar ist, der ein Maß für eine von Strom- und Spannungssignal i, u abhängig und über eine bestimmte Zeit hinweg integrierte elektrische Energiemenge ist.

[0037] Im einzelnen umfaßt die Zählerschaltung zwei Analog-/Digital-Wandler 5, 6, mit je einem Eingang zum

Zuführen eines Analogsignals, die mit erstem bzw. zweitem Eingang 2, 3 der Zählerschaltung verbunden sind. Ausgangsseitig an den Ana10 g/Digital-Wandlern 5, 6 ist je ein digitales Filter 7, 8 angeschlossen. Die Ausgänge der digitalen Filter 7, 8 sind mit je einem Eingang eines digital arbeitenden Multiplizierers 9 verbunden. Der Multiplizierer 9 stellt an seinem Ausgang ein durch Multiplikation von Strom- und Spannungssignal i, u gebildetes Zwischensignal bereit, welches ein Maß für die momentane elektrische Leistung, jedoch nicht kalibriert, ist. Der Ausgang des Mischers 9 ist mit einem Kalibrierblock 10 verbunden. Der Kalibrierblock 10 weist einen weiteren Multiplizierer 11 mit zwei Eingängen auf, von denen ein erster Eingang mit dem Ausgang des Multiplizierers 9 und ein zweiter Eingang mit einem nicht-flüchtigen Speicher 12 verbunden ist. Der nicht-flüchtige Speicher 12 umfaßt eine Vielzahl von irreversibel programmierbaren Speicherzellen 13. Weiterhin umfaßt der nicht-flüchtige Speicher 12 einen Programmierausgang 14 zum Programmieren der irreversibel programmierbaren Speicherzellen 13. Der Ausgang des weiteren Multiplizierers 11 im Kalibrierblock 10, an dem ein kalibriertes Signal bereitgestellt ist, welches die momentane elektrische Leistung P repräsentiert, ist an den Eingang eines Integrators 15 angeschlossen, der die momentane elektrische Leistung P über die Zeit integriert und an seinem Ausgang einen Energiezählwert W bereitstellt. Der Ausgang des Integrators 15 ist mit dem Eingang eines Pulsgenerators 16 verbunden, der an seinem Ausgang 4 den aktuellen Energie-Meßwert des Zählers bereitstellt.

[0038] Mit dem auf einem Chip integrierten elektrischen Energierzähler gemäß Fig. 1 wird ständig die aktuelle elektrische Leistung erfaßt, welche sich durch das Produkt aus Spannungssignal u und Stromsignal i ergibt. Die Spannung u ist dabei üblicherweise die Nennspannung eines elektrischen Versorgungsnetzes, beispielsweise 230 Volt Wechselstrom. Die aus Spannungs- und Stromsignal abgeleitete aktuelle elektrische Leistung wird am Ausgang des Multiplizierers 9 bereitgestellt. Mit dem Kalibrierblock 10 wird die elektrische Leistung, die am Ausgang des Multiplizierers 9 bereitgestellt wird, mit einem Kalibrierfaktor multipliziert. Dieser Kalibrierfaktor dient zur Korrektur von Normabweichungen sowohl intern auf dem die Zählerschaltung 1 tragenden Chip sowie auch extern, beispielsweise verursacht durch Leitungsimpedanzen. Der Kalibrierfaktor wird beispielsweise nach einer Fertigung der Zählerschaltung während einer Eichung oder Kalibrierung des elektrischen Energierzählers ermittelt. Der Kalibrierfaktor wird nun ständig mit der aktuellen, elektrischen Leistung multipliziert, derart, daß am Ausgang des Kalibrierblocks 10 eine um den Kalibrierfaktor korrigierte, elektrische Momentanleistung P bereit steht. Diese korrigierte, elektrische momentane Leistung P wird im Integrator 15 ständig akkumuliert. Mittels des Kalibrierfaktors werden demnach insbesondere fertigungsbedingte Normabweichungen von Bauelementwerten der integrierten Zählerschaltung 1 kompensiert. Hierdurch wird das Ergebnis der Energiezählung, nämlich der am Ausgang des Integrators 15 bereitgestellte, akkumulierte Energie-Meßwert bezüglich seiner Genauigkeit deutlich verbessert. Der Kalibrierfaktor ist dabei derart im nicht-flüchtigen Speicher 12 abgelegt, daß ein nachträgliches Verändern von Bits, das heißt ein Umprogrammieren einzelner programmierbarer Speicherzellen unabhängig von der Auswahl der umprogrammierten Speicherzelle stets zu einer Vergrößerung des Kalibrierfaktors führt und damit auch zu einer Erhöhung der elektrischen Momentanleistung, so daß eine Manipulation des Energierzählers für den Manipulierenden nicht vorteilhaft ist.

[0039] Der nicht-flüchtige Speicher 12 umfaßt eine Viel-

zahl von in einer Matrix angeordneten, irreversibel programmierbaren Speicherzellen. Jede der programmierbaren Speicherzellen kann einen von zwei möglichen Zuständen, null oder eins, annehmen. Es ist eine Eigenschaft eines nicht-flüchtigen Speichers, daß die programmierten Zustände der programmierbaren Speicherzellen auch dann beibehalten werden, wenn eine Versorgungsspannung der Zählerschaltung abgestellt wird. Die programmierbaren Speicherzellen sind irreversibel programmierbar, das heißt ihr Speicherzustand, der üblicherweise in Form eines elektrischen Leitzustandes vorliegt, kann lediglich in eine Richtung, beispielsweise von hochohmig nach niederohmig oder von niederohmig nach hochohmig umprogrammiert werden. Derartige, nicht-flüchtige und irreversibel programmierbare Speicherzellen werden auch als Fuses oder Anti-Fuses, je nach Ausführung, bezeichnet. Die programmierbaren Speicherzellen 13 sind im vorliegenden Ausführungsbeispiel als Dioden realisiert, welche durch Überlastung in Sperrichtung in einen Kurzschluß umgewandelt werden können. Alternativ können jedoch auch andere programmierbare Speicherzellen, beispielsweise Floating-Gate-Mosfets, die sich ebenfalls als PROM, Programmable Read-Only Memory eignen, einsetzbar. Beim Programmierbaren derartiger Floating-Gate-Mosfets wird das isolierte Floating-Gate beim Programmieren aufgeladen, so daß sich die Schwellenspannung des Mosfets dauerhaft verschiebt.

[0040] Fig. 2 zeigt anhand eines Ausführungsbeispiels das Codieren des Kalibrierfaktors in dem nicht-flüchtigen Speicher 12, der hier 16 programmierbare Speicherzellen umfaßt. Ausgangszustand der programmierbaren Speicherzellen ist eine logische Null, der bei der hier vorgesehenen Verwendung von Dioden einen hochohmigen Leitzustand repräsentiert. Bei der Tabelle gemäß Fig. 2 ist in einer ersten Spalte der Kalibrierfaktor dezimal dargestellt, in einer zweiten Spalte hexadezimal und in einer dritten Spalte binäre codiert angegeben, jeweils für vier Beispielwerte, nämlich für den Kalibrierfaktor 0,5; 1,0-1 LSB; 1,0 und 2,0-1 LSB. LSB bezeichnet dabei das geringwertigste Bit, das sogenannte Least Significant Bit. Die vorliegende Tabelle zeigt demnach einen Kalibrierfaktor, der in einem Bereich von 0,5 bis 2,0 einstellbar ist. Dieser Kalibrierfaktor wird, wie bereits anhand der Beschreibung von Fig. 1 erläutert, ständig mit dem aktuell ermittelten Momentanleistungswert multipliziert. Selbstverständlich können in praktischen Realisierungen eine Vielzahl weiterer Kalibrierfaktoren codierbar sein. Fig. 2 zeigt anhand der Tabelle lediglich eine Auswahl der Kalibrierfaktoren.

[0041] Die binäre Codierung ohne Vorzeichenbit ermöglicht eine einfache Multiplikation. Im vorliegenden Beispiel, bei dem der größte einstellbare Kalibrierfaktor 2,0-1 LSB beträgt, ist der Dezimalpunkt der binären Codierung zwischen den beiden höchswertigen Bits vorgesehen. Beispielsweise würde die binär codierte Zahl 1100 die Dezimalzahl 1,5 bezeichnen, die binär codierte Zahl 1010 bezeichnet die Dezimalzahl 1,25 usw.

[0042] Bei der Binärdarstellung gemäß Fig. 2 entspricht eine logische Null dem Ausgangszustand der irreversibel programmierbaren Speicherzelle, während eine logische Eins denjenigen Zustand angibt, den die Speicherzelle nach einem Durchführen einer irreversiblen Zustandsänderung, das heißt nach einem Umprogrammieren hat. Man erkennt, daß bei der Binärcodierung gemäß der Tabelle von Fig. 2 ein beliebiges Umprogrammieren einer oder mehrerer Speicherzellen, also im vorliegenden Fall der Zustandsübergang von einer Null zu einer Eins, stets zu einer Erhöhung des Kalibrierfaktors führt.

[0043] Anhand eines weiteren Codierungsbeispiels mit Vier-Bit-Binärdarstellung soll das vorliegende Prinzip noch

weiter verdeutlicht werden. Man nehme an, der Ursprungszustand des nichtflüchtigen Speichers zum Ablegen des Kalibrierfaktors sei 0000. Da wiederum zwischen den linken beiden, das heißt zwischen den beiden höchstwertigen Bits die Komma-Stelle der Dezimalzahl dargestellt sein soll, bedeutet die Bitfolge 1000 die Dezimalzahl 1,0, so daß die 1 programmiert werden muß. Wenn irgend ein beliebiges, weiteres Bit verändert wird, im Rahmen beispielsweise eines Manipulationsversuches, beispielsweise das zweite Bit, so ist der neue, binär dargestellte Kalibrierfaktor 1010, was die Dezimalzahl 1,25 darstellt. Man erkennt, daß der Kalibrierfaktor zugenommen hat.

[0044] Alternativ zu der vorgestellten, binären Codierung des Kalibrierfaktors könnte man auch davon ausgehen, daß der Ursprungszustand des nicht-flüchtigen Speichers durch das binäre, Vier-Bit-Wort 1111 dargestellt wird und ein Programmieren des Kalibrierfaktors durch Verändern des logischen Zustandes von Eins nach Null erfolgen soll. Demnach würde die logische Eins bei Verwendung einer Diode als programmierbares Element deren hochohmigen Leitzustand repräsentieren. Wenn in diesem Fall bei einer Kalibrierung des Energiezählers als Kalibrierfaktor ein Dezimalwert von 1,375 eingestellt werden soll, wäre die Bitfolge 1011 zu programmieren. Hier könnte man nun jedoch beispielsweise das zweite Bit von rechts zu Null machen und hierdurch die Zahl 1001 erhalten, welche der Dezimalzahl 1,125 entspräche. Dieser Kalibrierfaktor wäre jedoch geringer, so daß ein Manipulationsversuch wie vom Angreifer gewünscht zu einer Verringerung der angezeigten Energiemenge führen würde. Eine Manipulation würde damit zu einem Vorteil des manipulierenden führen.

[0045] Bei dem alternativen Einsatz eines nichtflüchtigen Speichers, der irreversibel programmierbare Speicherzellen aufweist, bei dem jedoch der Ausgangszustand der programmierbaren Speicherzellen durch logische Einsen dargestellt ist, muß dies bei Anwendung des vorliegenden Prinzips als invertierte Binärzahl betrachtet werden, demnach würde beispielsweise der binär dargestellte Kalibrierfaktor 0111 die Dezimalzahl 1,0 repräsentieren. Wenn hier irgend ein Bit zu Null umprogrammiert wird, wird demnach der Kalibrierfaktor ebenfalls vergrößert.

[0046] Selbstverständlich kann im Rahmen der vorliegenden Erfindung in Analogie zum vorgestellten Einphasenzähler die Zählerschaltung anstelle der gezeigten einphasigen Wechselstromzählerschaltung auch als dreiphasige Zählerschaltung aufgebaut sein.

[0047] Weiterhin könnte das beschriebene Prinzip umgekehrt auch zur Meßeinrichtung für das Einspeisen elektrischer Energie in ein Netz, beispielsweise durch den Betreiber einer Windkraft- oder Solarstromanlage, weitergebildet sein, bei dem sich ein Angriff zur Manipulation nicht auf die Verkleinerung, sondern auf die Vergrößerung des Kalibrierfaktors beziehen würde.

## Patentansprüche

1. Einrichtung zur Messung des Verbrauchs elektrischer Energie, aufweisend  
einen ersten Eingang (2) zum Zuführen eines Spannungssignals (u),  
einen zweiten Eingang (3) zum Zuführen eines Stromsignals (i),  
einen Multiplizierer (9), der mit erstem und zweitem Eingang (2, 3) gekoppelt ist und in Abhängigkeit von Spannungs- und Stromsignal (u, i) an seinem Ausgang 65 ein Zwischensignal abgibt,  
einen Kalibrierblock (10), der mit dem Ausgang des Multiplizierers (9) und mit einem nichtflüchtigen Spei-

cher (12) gekoppelt ist und das Zwischensignal des Multiplizierers (9) mit einem Kalibrierfaktor multipliziert, einen Integrator (15), der mit dem Kalibrierblock (10) gekoppelt ist und an seinem Ausgang einen kalibrierten Energiemesswert (W) bereitstellt, wobei der nichtflüchtige Speicher (12) zum Ablegen des Kalibrierfaktors eine Vielzahl von irreversibel programmierbaren Speicherzellen (13) umfaßt und derart ausgebildet ist, daß ein Umprogrammieren einer beliebigen Speicherzelle (13) eine Erhöhung des Kalibrierfaktors bewirkt.

2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der nichtflüchtige Speicher (12) einen Programmereingang (14) zum Programmieren der programmierbaren Speicherzellen (12) umfaßt.
3. Einrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die programmierbaren Speicherzellen (12) je eine Diode umfassen, welche durch Beaufschlagen mit einem Energieimpuls irreversibel von einem hochohmigen in einen niederohmigen Leitzustand übergehen.
4. Einrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die programmierbaren Speicherzellen (12) je eine Schmelzsicherung umfassen, welche durch Beaufschlagen mit einem Energieimpuls irreversibel von einem niederohmigen in einen hochohmigen Leitzustand übergehen.
5. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß am Ausgang des Integrators (15) ein Pulsgenerator (16) angeschlossen ist, der proportional zum kalibrierten Energiemesswert (W) ein codiertes Ausgangssignal bereitstellt.
6. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß zur Kopplung von erstem und zweitem Eingang (2, 3) mit dem Multiplizierer (9) je ein Analog-/Digital-Wandler (5, 6) vorgesehen ist.
7. Einrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß zur Kopplung der Analog-/Digital-Wandler (5, 6) mit dem Multiplizierer (9) je ein Digitalfilter (7, 8) vorgesehen ist, welches eingesamtig mit einem Ausgang des Analog/Digital-Wandlers (5, 6) und ausgangsseitig mit je einem Eingang des Multiplizierers (9) verbunden ist.
8. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der nichtflüchtige Speicher (12) ausgelegt ist zum Ablegen des Kalibrierfaktors in binär codierter Form.
9. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtung als integrierte Schaltung ausgeführt ist.
10. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß der nichtflüchtige Speicher (12) derart ausgebildet ist, daß der am nichtflüchtigen Speicher (12) ableitbare Kalibrierfaktor ausschließlich positive Werte annehmen kann.

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

FIG 1

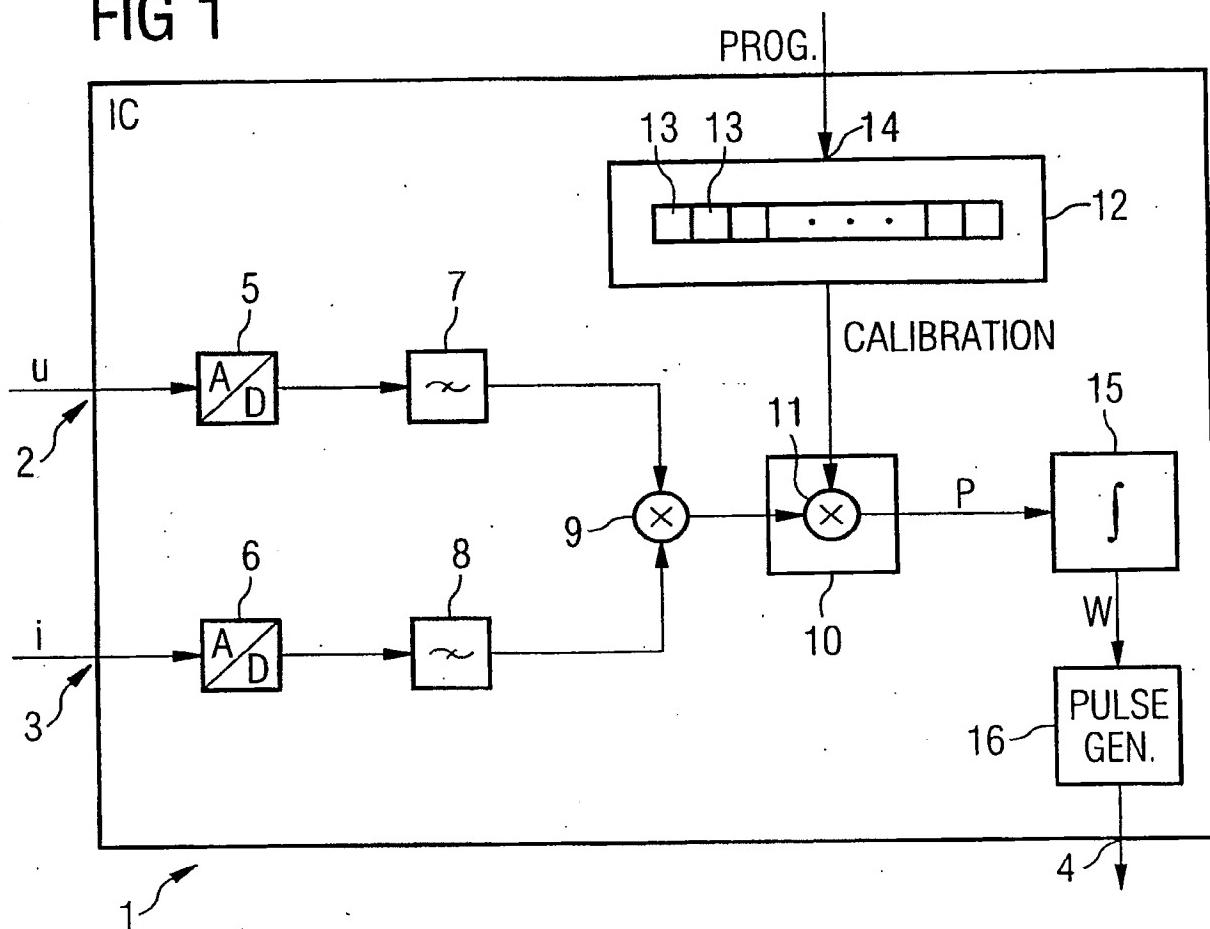


FIG 2

calibration factor	hexadecimal	binary
0.5	0x4000	0100.0000.0000.0000
1.0-1 LSB	0x7FFF	0111.1111.1111.1111
1.0	0x8000	1000.0000.0000.0000
2.0-1 LSB	0xFFFF	1111.1111.1111.1111